

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА

24.2.424.01

на базе федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Уральский государственный лесотехнический университет» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации по диссертации на соискание ученой степени доктора наук

аттестационное дело № \_\_\_\_\_

решение диссертационного совета от 29 июня 2023 года № 3

**О присуждении Шкуро Алексею Евгеньевичу, гражданину Российской Федерации ученой степени доктора технических наук.**

Диссертация «Композиты с регулируемым биоразложением на основе производных целлюлозы, синтетических полимеров и лигноцеллюлозных наполнителей» по специальности 4.3.4 – «Технология, машины и оборудование для лесного хозяйства и переработки древесины» (технические науки) принята к защите 27 марта 2023 г., протокол № 2 диссертационным советом 24.2.424.01 созданным на базе федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Уральский государственный лесотехнический университет» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации, 620100, г. Екатеринбург, ул. Сибирский тракт, д. 37, приказ о создании диссертационного совета № 1233/нк от 12.10.2022 г.

Соискатель Шкуро Алексей Евгеньевич 16 марта 1988 года рождения.

В 2010 году соискатель окончил ФГБОУ ВО «Уральский государственный лесотехнический университет», по специальности «Технология переработки пластических масс и эластомеров». В 2013 г. окончил очную аспирантуру в ФГБОУ ВО «Уральский государственный

лесотехнический университет». В 2013 г. защитил кандидатскую диссертацию по специальности 05.21.03 – Технология и оборудование химической переработки биомассы дерева; химия древесины.

Работает доцентом кафедры технологий целлюлозно-бумажных производств и переработки полимеров ФГБОУ ВО «Уральский государственный лесотехнический университет».

Диссертация выполнена в ФГБОУ ВО «Уральский государственный лесотехнический университет» на кафедре технологий целлюлозно-бумажных производств и переработки полимеров.

Научный консультант – Глухих Виктор Владимирович, доктор технических наук, профессор.

Официальные оппоненты:

– Казаков Яков Владимирович – доктор технических наук, заведующий кафедрой Целлюлозно-бумажных и лесохимических производств ФГАОУ ВО «Северный (Арктический) федеральный университет имени М. В. Ломоносова»;

– Шамаев Владимир Александрович – доктор технических наук, профессор кафедры Древесиноведения ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г. Ф. Морозова»;

– Просвирников Дмитрий Богданович – доктор технических наук, профессор кафедры Переработки древесных материалов ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технологический университет».

Ведущая организация – ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет науки и технологий имени академика М. Ф. Решетнева», в своем положительном отзыве, составленном заведующим кафедры древесиноведения, технология и оборудование деревообработки, доктором технических наук, профессором Ермолиным Владимиром Николаевичем и и.о. заведующего кафедрой машин и аппаратов промышленных технологий, кандидатом технических наук, доцентом Романом Александровичем

Марченко, утвержденном проректором по научной и инновационной деятельности ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет науки и технологий имени академика М. Ф. Решетнева» Юрием Юрьевичем Логиновым, указала, что представленная диссертация, выполненная Шкуро Алексеем Евгеньевичем, является законченной научно-квалификационной работой, в которой на основании выполненных автором исследований найдены новые технологические решения, по вовлечению лигноцеллюлозных и пластиковых отходов в производство изделий получаемых из композитов с полимерной фазой термопластичных полимеров.

Содержание автореферата в полной мере отражает содержание диссертации, все основные положения диссертации опубликованы автором в открытой печати. Выводы и рекомендации, приведенные в диссертации обоснованы результатами исследований.

Результаты, выносимые на защиту, относятся к пунктам 2 «Химия, физико-химия и биохимия основных компонентов биомассы дерева и иных одревесневших частей растений, композиты, продукты лесохимической переработки» и 4 «Технология и продукция в деревообрабатывающем, целлюлозно-бумажном, лесохимическом и сопутствующих производствах» паспорта научной специальности 4.3.4. «Технологии, машины и оборудование для лесного хозяйства и переработки древесины».

Диссертационная работа соответствует требованиям пункта 9 «Положения о присуждении учёных степеней», утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации Х» 842 от 24.09.2013 г. (в редакции от 26.01.2023), предъявляемым ВАК РФ к диссертациям, а ее автор Шкуро Алексей Евгеньевич заслуживает присуждения ученой степени доктора технических наук по специальности 4.3.4. - Технологии, машины и оборудование для лесного хозяйства и переработки древесины.

Соискатель имеет 65 печатных работ, в том числе 9 в изданиях, индексируемых в Web of Science и Scopus, 24 в изданиях, рекомендованных

ВАК, 1 монографию и патент РФ на изобретение. Общий объем публикаций 58,4 печатных листа. Авторский вклад 36,7 печатных листов. Наиболее значимые научные работы по теме диссертации:

1. Composite Materials Based on Thermoplastic Matrix / P. S. Krivonogov, A. E. Shkuro, V. V. Glukhikh, O. V. Stoyanov // *Polymer Science, Series D.* – 2019. – V. 12, №.1. – P. 41–46;
2. Biodegradation of acetyl cellulose etrols / A. E. Shkuro, V. V. Glukhikh, P. S. Krivonogov, A. D. Kudryavtsev // *IOP Conf. Ser.: Earth Environ.* – 2021. – V. 678. – 012033. DOI:10.1088/1755-1315/678/1/012033.
3. Shkuro, A. E. Physicochemical WPC Modification Techniques / A. E. Shkuro, A. V. Artyomov, A. V. Savinovskikh // *Key Engineering Materials.* – 2021. – V. 887. – P. 144-150.
4. Полимерные композиты на основе поливинилхлорида и биомассы опавших листьев / П. С. Захаров, А. Д. Кудрявцев, А. Е. Шкуро [и др.]// *Экология и промышленность России.* – 2021. – Т. 25, № 5. – С. 22–27. DOI: 10.18412/1816-0395-2021-5-22-27.
5. Glukhikh, V. V. The effect of chemical composition on the biodegradation rate and physical and mechanical properties of polymer composites with lignocellulose fillers / V. V. Glukhikh, A. E. Shkuro, P. S. Krivonogov // *Bulletin of the University of Karaganda – Chemistry.* – 2021. – V. 103, №3. – P. 83–92. DOI: 10.31489/2021Ch3/83-92-2021.
6. Studying the Properties of Composites with a Polyvinylchloride Matrix and Meadow-Grass-Hay Filler / P. S. Zakharov, A. E. Shkuro, V. V. Glukhikh, O. V. Stoyanov, M. V. Kolpakova // *Polymer Science, Series D.* – 2022. – V. 15. – P. 306–310. DOI: 10.1134/S1995421222020320.
7. Effect of microcrystalline cellulose content in mixture with kraft lignin on properties of wood-polymer composites / P. S. Zakharov, A. E. Shkuro, V. V. Glukhikh, Y. M. Kulazhenko // *AIP Conference Proceedings.* – 2022. – 2632. – DOI: 020004. 10.1063/5.0098919.
8. Получение, свойства и применение биоразлагаемых древесно-полимерных композитов (обзор) / А. Е. Шкуро, В. В. Глухих, Т. А. Гуда [и др.] // *Вестник Казанского технологического университета.* – 2012. – Т. 15, № 9. – С. 75–82.

9. Наполнители агарного происхождения для древесно-полимерных композитов (обзор) / А. Е. Шкуро, Глухих В. В., Н. М. Мухин [и др.] / Вестник Казанского технологического университета. – 2014. – Т.17, №21. – С. 160–163.

10. Шкуро, А. Е. Получение и изучение свойств древесно-полимерных композитов с наполнителями из отходов растительного происхождения / А. Е. Шкуро, В. В. Глухих, Н. М. Мухин // Вестник Московского государственного университета леса – Лесной вестник. – 2016. – Т. 20, № 3. – С. 101–105.

На диссертацию и автореферат поступило 18 отзывов. Все отзывы положительные.

1. Цветков Вячеслав Ефимович, д.т.н. (05.21.05), профессор ФГБОУ ВО "Мытищинский филиал МГТУ имени Н.Э. Баумана". Замечания:

– Как автор объясняет увеличение степени разложения ПВХ и ацетата целлюлозы после их пластификации с помощью эфиров фталевой кислоты?

– В автореферате не приводятся сроки полного биоразложения полученных композитов.

– Не разъясняется каким образом технологические параметры получения изделий могут оказывать влияние на биоразложении изделий из био- и экокомпозитов?

2. Кокшаров Александр Викторович, к.т.н. (02.00.03), доцент, начальник кафедры химии и процессов горения ФГБОУ ВО "Уральский институт государственной противопожарной службы МЧС России". Замечания:

– Ацетат целлюлозы практически не производится на территории РФ. Является ли его использование в качестве полимерной фазы биокомпозитов экономически целесообразным?

– Почему в работе не рассматриваются вопросы получения экокомпозитов с полимерными фазами отходов других крупнотоннажных синтетических полимеров, например полиэтилентерефталата или полиамида?

3. Горелов Александр Владимирович – директор по производству ООО "Генезис", г. Екатеринбург. Замечания:

– Почему в работе на рассматривается возможность получения изделий из био- и экоккомполитов методом литья под давлением?

– Известно, что химический состав наполнителей древесного и недревесного происхождения не является постоянным, и зависит от условий в которых развивается растение. Химический состав и свойства вторичных полиолефинов также могут колебаться от партии к партии. Каким образом такое непостоянство состава будет влиять на свойства разных партий продукции из экоккомполитов?

4. Грачев Андрей Николаевич – д.т.н., генеральный директор ООО "ЭнергоЛесПром" (г. Казань). Замечания:

– Почему автор для получения изделий из полимерных композитов выбрал не самый распространённый метод горячего прессования?

– Почему автор для проведения исследований в качестве полимерного связующего выбрал производные целлюлозы только с эфирными группами?

5. Чупров Игорь Валерьевич – к.т.н. (05.05.06), директор ООО "Баринпак" (респ. Беларусь). Замечания:

– Как сказывается присутствие синтетических связующих в составе таких наполнителей как шлифовальная пыль фанеры и шлифовальная пыль древесно-стружечных плит на свойства изучаемых композитов?

– Кем будет осуществляться сбор и подготовка к использованию, рассмотренных в работе лигноцеллюлозных наполнителей?

6. Рахимова Наиля Равиловна – д.т.н., профессор кафедры строительных материалов ФГБОУ ВО "Казанский государственный архитектурно-строительный университет". Замечания:

– По каким критериям выбирались наполнители для исследования?

– Чем объясняется перегиб (экстремум) на графике зависимости потери массы за 90 суток выдержки в грунте от степени ацетилирования и содержания древесной муки (рис. 8)?

– Почему на некоторых графиках присутствуют планки погрешностей, а на некоторых нет?

– Коррелируют ли данные потери массы образцами композитов после выдержки в активном грунте и в естественных условиях или при их компостировании на полигонах?

7. Тамби Александр Алексеевич – д.т.н. (05.21.05), доцент, руководитель ассоциации производителей машин и оборудования лесопромышленного комплекса «ЛЕСТЕХ», профессор кафедры Технологии и оборудование лесного комплекса ФГБОУ ВО "Арктический государственный агротехнологический университет". Замечания:

– Не обосновано использование плана эксперимента Плэкетта-Бермана в технологической части диссертации.

– Расход препарата «Ултан» целесообразно было бы приводить на 100 массовых частей древесной муки, а не на 100 массовых частей ПВХ.

– В технологической части описывается применение металена F-1 108 в качестве компатибилизатора, однако выбор этого компонента в тексте автореферата никак не обоснован.

8. Винник Денис Александрович – д.х.н. (02.00.04), заведующий кафедрой Материаловедение и физикохимия материалов, ФГБОУ ВО "Южно-Уральский государственный университет (НИУ)". Замечания:

– Стр. 8: величина "число упругости" узкоспециальная и вместо нее лучше использовать более общеупотребительные величины модуля упругости, модуля вязкости.

– Представляло бы интерес исследовать не только интервал степени ацетилирования 1.8-2,4, но и более широкий, например, 0-2,4.

– Стр. 9: констатируется, что «Влияние содержания древесной муки на биоразложение композитов имеет экстремальный характер», но не делается попытки объяснить немонотонный характер.

– Стр. 10: неожиданным представляется вывод о том, что композит АЦ с древесной мукой и опилками бука разлагается медленнее, чем чистый АЦ. Поскольку вывод делается на основании сравнения снижения массы композита после выдержки в активированном грунте, возникает вопрос - не является ли

меньшая потеря массы композитом с древесными опилками вследствие роста его массы за счет роста биомассы бактерий в опилках, а также роста влажности опилок за счет их частичного биоразложения и роста гидрофильности при этом?

– Стр. 16: «Установлена зависимость между изменением показателя твердости по Бринеллю после облучения ультрафиолетом, временем и интенсивностью облучения (рис. 21)», но не объяснена эта зависимость, имеющая, кроме прочего, экстремальный характер.

– Настораживает «идеальный» характер кривых на рисунках (1-8, 11-16, 20-21, 29-35), где экспериментальные точки не показаны,

9. Трошин Дмитрий Петрович – к.т.н. (05.21.03, 05.21.05), начальник Научно-Технического Центра ПАО «Уралхимпласт» (г. Нижний Тагил). Замечания:

– Чем обусловлен выбор пластификаторов ДБФ, ТБФ, ДМИФ ДОТФ, ТАГ для определения показателя текучести расплава?

– Чем обусловлен выбор антисептика «Ултан» для оценки возможного повышения биостойкости экокомпозитов?

10. Чубинский Анатолий Николаевич – д.т.н. (05.21.05), профессор, заведующий кафедрой «Технологии, материалов, конструкций и сооружений из древесины» ФГБОУ ВО "Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет имени С.М. Кирова"). Замечания:

– К сожалению, в автореферате не нашли отражение современные методы и средства проведения научных исследований, позволяющие оценить глубину научного проникновения, в тоже время большой объём автореферата посвящён оптимизации технологических параметров получения экокомпозитов на основе плана эксперимента Плэккета-Бермана.

– Что представляет из себя активированный грунт: какие грунты, в каком количестве вводится препарат «Тамир», каковы затраты на активацию грунта?

11. Широкова Евгения Сергеевна, к.х.н. (05.17.06), доцент кафедры ХГПП ФГБОУ ВО "Вятский государственный университет"). Замечания:



– В автореферате употребляются термины «биокомпозит» и «экокомпозит». В чем разница? Имеет ли термин «экокомпозит» общепринятое определение?

– Выбор типа пластификатора на основании значений показателя текучести расплава вызывает сомнения. Обычно пластификатор выбирают на основе данных о его совместимости с полимером.

– При разработке рецептур композиций, содержащих вторичный ПВХ, проводилась ли корректировка содержания пластификатора?

– При работе с вторичным ПВХ какие температурные режимы были использованы? Не было ли отмечено изменение цвета в результате улетучивания HCl и образования сопряженных двойных связей?

– Приводимые данные по снижению массы образцов в грунте могут свидетельствовать о их фрагментации. Для подтверждения биоразложения необходимы данные количеству потребленного/выделенного углекислого газа в замкнутой системе, например, как в стандарте ISO 14855-1.

12. Котельников Данила Никитич – исполнительный директор "ПК Контур", (г. Заречный, Свердловская область). Замечания:

– Как повлияет сезонность заготовки наполнителей на экономическую эффективность производства био- и экокомпозитов?

– Возможно ли использование отходов сшитого полиэтилена в качестве сырья для производства экокомпозитов?

– Что происходит с полимерной матрицей композитов после разложения лигноцеллюлозных наполнителей?

13. Ельцов О.С. – к.х.н. (02.00.03), доцент, Заведующий лабораторией «Комплексных исследований и экспертной оценки органических материалов» ФГАОУ ВО "Уральский федеральный университет имени первого президента России Б.Н. Ельцина". Замечания:

– По какому принципу были выбраны марки ПВХ СИ-67 и SG-5?

– Для оценки экономической эффективности предлагается учесть снижение финансовой нагрузки предприятий за счет снижения платежей за

негативное воздействие на окружающую среду и льгот в налогообложении при внедрении ресурсосберегающей и малоотходной технологии.

14. Талалаева Галина Владленовна. д.м.н. (14.00.06), профессор кафедры химии и процессов горения ФГБОУ ВО "Уральский институт государственной противопожарной службы МЧС России"). Замечания:

– Технологии, описанные в диссертационном исследовании, неиспользование эфиров фталевой и фосфорной кислот в качестве пластификаторов при производств био- и экокомполитов. Известно, что указанные кислоты обладают высокой токсичностью. Планируется ли в дальнейшем проведение исследований вопросов производственной, технологической и транспортной безопасности данных композитов, включая анализ безопасности их захоронения на полигонах ТБО?

– Планируется ли тиражирование результатов работы на зарубежные аудитории, например, в таком формате, как Международный климатический конкурс «Зеленая Евразия», номинации «Эффективное обращение с отходами», «Чистая промышленность» или других мероприятиях?

15. Рублева Ольга Анатольевна – д.т.н (05.21.05), доцент, и.о. заведующего кафедрой машин и технологии деревообработки ФГБОУ ВО «Вятский государственный университет» и Тарбеева Наталья Александровна д.т.н (05.21.05) – доцент, доцент кафедры машин и технологии деревообработки ФГБОУ ВО «Вятский государственный университет» Замечания:

– Из текста автореферата неясно, проводил ли автор исследования по теоретическому обоснованию целенаправленного модифицирования свойств исследуемых композитов, было ли разработано им прогнозно-теоретическое (математическое) описание процессов, по каким критериям были выбраны выходные параметры процессов и набор варьируемых факторов для проведения экспериментальных исследований.

– Отсутствие в тексте автореферата заявленных в разделах «Задачи исследования», «Научные положения, выносимые на защиту» и «Выводы и рекомендации» экспериментально-статистических моделей влияния

компонентного и химического состава био-экокомполитов на их физико-механические свойства и степень биоразложения в грунте, отсутствие значений критериев оценки качества этих моделей, не позволяет в полной мере оценить общие закономерности, составить общую картину влияния указанных факторов на выходные параметры.

– К практической значимости исследований (с. 5 автореферата) и к основным выводам работы (п. 9 па с. 36) автор относит разработку технологии получения изделий из экокомполитов с полимерной фазой поливинилхлорида и костью конопли технической методом каландрирования, однако в тексте автореферата этот вопрос не раскрывает, не приводит описания этапов технологического процесса, значений параметров технологических режимов.

16. Павлов Иван Михайлович – д.т.н. (05.20.01), профессор, профессор кафедры Технология машиностроения ФГБОУ ВО "Саратовский государственный технический университет имени Ю.А. Гагарина". Замечания:

– В автореферате представлен большой объем построенных по результатам экспериментальных исследований графических зависимостей свойств материалов (рисунки 11-14, 20, 21, 25-27, 29, 32, 34-35) измеряемых в удельных единицах, например, однако методика и техника получения исходных данных и значений результатов, получаемых расчетным путем, автором не приведены;

– В тексте встречается некоторая неточность в терминах-словосочетаниях типа «с измельченной макулатурой и денежной массой, число упругости» (с.8), «время выдержки», «денежная макулатура», «отходы эксплуатации потолочных панелей».

17. Кривоногова Анна Сергеевна – д.б.н. (06.02.05), доцент, ведущий научный сотрудник Лаборатории биологических технологий ФГБНУ "Уральский федеральный аграрный научно-исследовательский центр УрО РАН. Замечаний нет.

18. Мехренцев Андрей Вениаминович – к.т.н. (05.21.01), доцент, заведующий кафедрой Технологии и оборудования лесопромышленного

производства Института леса и природопользования ФГБОУ ВО «Уральский государственный лесотехнический университет», президент Свердловского регионального отраслевого некоммерческого объединения работодателей «Уральский Союз лесопромышленников». Замечания:

– В работе представлена технология получения биокompозитов, которая ограничена применением наполнителя из шлифовальной пыли березовой фанеры. Следует пояснить, почему не возможно применение древесной пыли, полученной при шлифовании хвойной фанеры.

– Термин «экокомпозит», предполагает оценку не только свойств, приведенных в табл. 2, но и выделения вредных веществ, например, при сгорании.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается их компетенцией и наличием публикаций по проблеме исследований в ведущих рецензируемых изданиях.

**Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:**

**Разработана и апробирована оригинальная методика оценки биостойкости полимерных композитов, основанная на определении изменения массы и физико-механических свойств образца после его выдержки в грунте, активированном микробиологическими препаратами.**

**Предложен оригинальный подход к регулированию физико-механических свойств и степени биоразложения композитов на основе производных целлюлозы, термопластичных синтетических полимеров и лигноцеллюлозных наполнителей, заключающийся в моделировании комплекса свойств материала и решении оптимизационных задач на стадии разработки его рецептуры и планирования технологических параметров процесса производства изделий.**

**Доказаны:**

– возможность регулирования срока биоразложения композиционных материалов с лигноцеллюлозными наполнителями.

– наличие закономерностей между компонентным и химическим составом полимерной фазы, наполнителя и специальных добавок, степенью ацетилирования целлюлозы и свойствами био- и экокомпозитов;

– наличие закономерностей между технологическими факторами процесса производства изделий из био- и экокомпозитов методом горячего прессования и степенью биоразложения этих изделий.

**Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:**

**Доказаны:**

– влияние химического состава и содержания лигноцеллюлозного наполнителя в композите на степень его биоразложения в грунте;

– влияние химического строения и доли пластификатора в композите на степень его биоразложения в грунте;

– влияние технологических параметров получения методом горячего прессования на степень биоразложения в грунте изделий из био- и экокомпозитов;

– возможность повышения эксплуатационных свойств композитов с полимерной фазой полиэтилена с помощью УФ-облучения.

**Применительно к проблематике диссертации результативно использован** комплекс базовых, соответствующих требованиям государственных стандартов, методов исследования физико-механических свойств био- и экокомпозитов (плотности, модуля упругости, твердости, текучести, ударной вязкости, прочности при изгибе и водопоглощения), а также ИК-Фурье-спектроскопию для определения степени ацетилирования целлюлозы, сканирующую электронную микроскопию для изучения морфологии внутренней структуры образцов композитов, математические методы планирования эксперимента, статистики, моделирования и решения оптимизационных задач.

**Изложены** аргументы, обосновывающие выбранное направление исследований; факторы, влияющие на способность композитов к

биоразложению. Приведены доказательства, подтверждающие точность установленных в работе закономерностей. На основании анализа изложенных фактов обоснована необходимость разработки целостного подхода и набора методов регулирования степени биоразложения био- и экоматериалов с лигноцеллюлозными наполнителями, формализации этих методов с помощью математических моделей, а также перспективы использования разработанной методологии.

### **Раскрыты:**

– условия использования в био- и экоматериалах отходов лесного комплекса (опилок бука, шлифовальной пыли фанеры и древесных плит, измельченной макулатуры), сельского хозяйства (костры конопли, шелухи овса и пшеницы), макулатуры и отходов производства и потребления продукции на основе синтетических термопластичных полимеров (линолеум, флизелиновые обои, отходы пластиковой тары).

– проблемы и ограничения существующих подходов к оценке биостойкости природных, искусственных и синтетических полимеров, не позволяющие получать изделия с требуемыми сроками биоразложения;

– проблема снижения показателей твердости и жесткости композитов с лигноцеллюлозными наполнителями недревесного происхождения;

– противоречия, заключающиеся в противоположном характере влияния лигнина на биостойкость материалов в случае его применения в качестве самостоятельного наполнителя и в составе лигноцеллюлозного сырья.

### **Изучены:**

– факторы, определяющие свойства исследованных био- и экоматериалов (степень ацетилирования целлюлозы, химическое строение и содержание пластификатора, содержание и состав лигноцеллюлозного наполнителя, продолжительность и интенсивность облучения ультрафиолетовым излучением, технологические параметры процесса получения изделий методом горячего прессования);

**Значение полученных соискателем результатов исследования для практики подтверждается тем, что:**

**Разработаны и внедрены:**

– комплексная методика оценки биостойкости полимерных композиционных материалов;

– рецептуры экокомпозитов с различными видами лигноцеллюлозных наполнителей (в том числе неиспользуемых ранее) на основе отходов вторичных полиолефинов и поливинилхлорида, а также рецептуры биокомпозитов на основе ацетатов целлюлозы с различной степенью биodeградации в грунте;

– технология получения изделий методом каландрования из экокомпозитов на основе поливинилхлорида и костры конопли;

– защищенный патентом способ получения био- и экокомпозитов с лигноцеллюлозными наполнителями, предусматривающий проведение агломерации смеси компонентов материала с помощью пресса-гранулятора.

**Определены:**

– принципы регулирования степени биоразложения био- и экокомпозитов;

– перспективы практического использования разработанных экспериментально-статистических моделей свойств био- и экокомпозитов с лигноцеллюлозными наполнителями;

– рецептуры экокомпозитов с различными видами лигноцеллюлозных наполнителей (в том числе неиспользуемых ранее) на основе отходов вторичных полиолефинов и поливинилхлорида, а также рецептуры биокомпозитов на основе ацетатов целлюлозы с различной степенью биodeградации в грунте

**Создана** система практических рекомендаций по выбору наиболее подходящих типов полимерного и лигноцеллюлозного сырья, а также методов переработки био- и экокомпозитов для получения изделий с требуемыми свойствами.

### **Представлены:**

– технологические схемы получения изделий из био- и экокомпозитов с полимерными фазами природных и синтетических термопластичных полимеров и лигноцеллюлозными наполнителями методом экструзии и последующего горячего прессования, а также изготовления изоляционной мембраны методом каландрования из экокомпозита с полимерной фазой пластифицированного ПВХ и кострой конопли технической.

– методические рекомендации по получению изделий с минимальными и максимальными значениями показателя потери массы после выдержки в грунте, перспективы дальнейших исследований, показаны сферы применения результатов диссертационного исследования.

### **Оценка достоверности результатов исследования выявила:**

**Результаты** получены с проведением необходимой калибровки измерительных приборов, что обеспечило хорошую воспроизводимость и согласованность данных, а также адекватность полученных экспериментально-статистических моделей.

**Теория** построена на основе известных и проверяемых данных, фактах, с учетом основных законов математической статистики и согласуется с опубликованными экспериментальными данными по теме диссертации.

**Идея** базируется на основе анализа отечественного и мирового научно-технического опыта в областях получения полимерных композиционных материалов с лигноцеллюлозными наполнителями и утилизации полимерных отходов, а также собственного опыта диссертанта.

**Использовано** сравнение авторских данных и данных, полученных ранее по рассматриваемой тематике.

**Установлено совпадение** полученных экспериментальных данных с модельными расчетами.

### **Личный вклад соискателя состоит в:**

– обработке и анализе научно-технических источников информации;



- обосновании выбора темы исследования, определении цели, формулировке задач исследования, получении теоретических и экспериментальных результатов их обработке и интерпретации;
- подготовке, написании, разработке выводов и изложении результатов диссертационного исследования;
- апробировании результатов диссертационного исследования в качестве докладов на международных и всероссийских научно-практических конференциях;
- публикации результатов исследования в ведущих российских изданиях, включая издания, рекомендованные ВАК РФ;
- внедрении теоретических и экспериментальных результатов исследования в производство.

В ходе защиты диссертации были высказаны следующие критические замечания:

- в работе не приводится оценка экономической эффективности внедрения предлагаемых технологий;
- в автореферате целесообразно было бы привести математические модели в форме уравнений регрессии, а не только их графические интерпретации;
- в работе целесообразно было бы использовать метод многокритериальной оптимизации.

Соискатель Шкуро А.Е. ответил на задаваемые ему в ходе заседания вопросы и сделанные замечания и привел собственную исчерпывающую аргументацию.

На заседании 29 июня 2023 г. диссертационный совет принял решение за решение научной проблемы утилизации лигноцеллюлозных и пластиковых отходов, способствующее повышению экологической безопасности технологий получения композиционных материалов на основе синтетических и природных полимеров, снижению нагрузки на окружающую среду и

развитию лесохимического комплекса в целом присудить Шкуро Алексею Евгеньевичу ученую степень доктора технических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 15 человек, из них 10 докторов по специальности и отрасли науки рассматриваемой диссертации, участвовавших в заседании, из 16 человек, входящих в состав совета, дополнительно введены на разовую защиту 0 человек, проголосовали: за 14, против 0, недействительных бюллетеней 1.

Председатель  
диссертационного совета



 Герц Эдуард Фёдорович

Ученый секретарь  
диссертационного совета

 Шишкина Елена Евгеньевна

29 июня 2023